

Обґрунтування дозатора літальних апаратів для розселення трихограми

Адамчук В. В., д.т.н., проф., академік НААН, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України

Маранда С. О., аспірант, Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України, e-mail: sergiy.maranda@ukr.net

Анотація

Мета. Підвищення надійності процесу дозування трихограми за допомогою обґрунтування раціонального типу та параметрів дозатора.

Методи. Аналіз конструкцій дозаторів сипких матеріалів, експериментальні дослідження дозаторів.

Результати. На основі аналізу дозаторів сипких матеріалів обґрунтовано конструкцію пневмо-гравітаційного дозатора трихограми безпілотного літального апарата. Унаслідок експериментальних досліджень встановлено, що гравітаційні дозатори з діаметром отворів діафрагми 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм не забезпечують стабільного витікання трихограми з бункера. Стабільне витікання трихограми починається у разі використання діафрагм з діаметром отвору 4,0 мм і більше. Водночас стабільне витікання трихограми в пневмо-гравітаційних дозаторах забезпечувалось у разі використання діафрагм із діаметром отвору 2,5 мм і більше.

За швидкості польоту літального апарата 7 м/с, робочої ширини захвату 20 м та норми внесення 4 см³/га секундна витрата біоматеріалу повинна становити 0,056 см³/с. Для забезпечення заданої норми внесення біоматеріал потрібно змішувати з наповнювачем, за різних режимів роботи його кількість може бути всемеро більшою, ніж біоматеріалу. Для дотримання заданої норми біоматеріалу його необхідно змішати з наповнювачем у співвідношенні 1,0 : 2,93 – для пневмо-гравітаційних дозаторів із діаметром отвору діафрагми 2,5 мм і 1,0 : 12,3 – для гравітаційних дозаторів із діаметром отвору діафрагми 4 мм. Виходячи з цих результатів, нескладно прийти до висновку, що застосування пневмогравітаційних дозаторів із діаметром отвору діафрагми 2,5 мм (за малих норм внесення трихограми) забезпечує

зменшення обсягів застосування наповнювача більше ніж вчетверо, порівнюючи із застосуванням гравітаційних дозаторів.

Висновки

1. Аналіз дозаторів сипких матеріалів показав, що найбільш безпечними для біоматеріалу є дозатори гравітаційного та пневмо-гравітаційного типів.

2. За допомогою експериментів встановлено, що процес дозування трихограми стосовно мінімальних норм її розселення надійно не забезпечує жоден із названих типів дозаторів. А проте пневмо-гравітаційні дозатори за стабільного протікання процесу дозування забезпечують секундну подачу трихограми в 4,2 рази меншу, порівнюючи з гравітаційними дозаторами.

3. Підтверджена доцільність застосування наповнювача під час розселення трихограми. Кількість наповнювача із застосуванням пневмо-гравітаційного дозатора, порівнюючи з гравітаційним, зменшується в 4,2 рази, що забезпечує підвищення ефективності використання дозуючовисівної системи завдяки зменшенню кількості дозправок.

4. Пневмо-гравітаційні дозатори доцільно застосовувати в пристроях літальних апаратів для розселення трихограми. Конструкція дозатора повинна забезпечувати можливість регульованого збільшення діаметра його випускного отвору, починаючи з діаметра 2,5 мм.

5. Для забезпечення якісного розселення трихограми літальними апаратами з пневмо-гравітаційними дозаторами компоненти сумішей трихограми та наповнювача повинні знаходитися в рекомендованому співвідношенні.

Ключові слова: дозатор сипких матеріалів, ежектор, безпілотний літальний апарат, біологічний захист рослин, розселення трихограми, норма розселення, ширина захвату.

UDC 631.937.33

Justification dispenser aircraft for resettlement of trichograms

Adamchuk V. V., PhD, prof., academician of NAAS, National Scientific Center "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture" NAAS of Ukraine

*Maranda S. O., postgraduate, National Scientific Center "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture" NAAS of Ukraine,
e-mail: sergiy.maranda@ukr.net*

Annotation

Purpose. Increasing the reliability of the trichogramme dosage process by justifying rational type and dosimetric parameters.

Methods. Analysis of constructions of dispensers of bulk materials, experimental research of dispensers.

Results. On the basis of the analysis of bulk material dispensers, the design of a pneumo-gravitational dosimeter of a trilogy of an unmanned aerial vehicle was determined. As a result of experimental studies it was established that gravity dispensers with diameter of apertures of aperture 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 mm do not provide a stable leakage of trichograms from the hopper. A stable leakage of a trichogram begins with the use of diaphragms with a hole diameter of 4,0 mm or more. At the same time, a stable flow of trichograms in the pnevmo-gravrovatsionnyh dispensers was provided with diaphragms with a diameter of the hole 2,5 mm and more.

At an airplane flight speed of 7 m/s, a working width of capture of 20 m and an application rate of 4 cm³/hectare, the second consumption of biomaterial should be 0,056 cm³/sec. To ensure the prescribed norm, the biomaterial needs to be mixed with the filler, in various modes of operation, its amount can reach 7 times more than the biomaterial. To comply with the prescribed norm of biomaterial, it must be mixed with the filler in the ratio 1,0 : 2,93 – for pneumatic gravitation dispensers with a diaphragm diameter of 2,5 mm and 1,0 : 12,3 – for gravity dispensers with a diameter of the aperture of the diaphragm 4 mm. Based on these results, it is easy to come to the conclusion that the use of pnevmo-gravrovatsionnyh dispensers with a diameter of aperture diaphragm 2.5 mm (with small rates of introduction of trichograms)

provides a reduction in the volumes of application of the filler more than 4 times compared with the use of gravity dispensers.

Conclusions

1. The analysis of bulk material dispensers showed that the most safe for biomaterials are dispensers of gravity and pnevmo-gravitatsionnyye types.

2. Experimentally it was established that none of the mentioned types of dispensers provides a reliable process of dosing of a trichogram in relation to the minimum norms of its resettlement. At the same time, pnevmo-gravitation dispensers with a stable flow of the dosage process provide a second supply of trichograms 4,2 times smaller compared with gravity dispensers.

3. The appropriateness of the use of the filler during the resettlement of the trichogram. The amount of filler in the application of the pnevmo-gravitation dispenser in comparison with the gravitational decreases by 4,2 times, which increases the efficiency of the use of the dosing-seed system by reducing the number of refillers.

4. Pneumatic gravity dispensers should be used in aircraft devices for the resettlement of trichogrammes. The design of the dispenser should provide the possibility of an adjustable increase in the diameter of its outlet, starting with a diameter of 2,5 mm.

5. To ensure the qualitative placement of trichograms by airborne vehicles with pnevmo-gravitation dispensers components, the mixture of trichograms and filler should be in the recommended ratio.

Keywords: bulk material dispenser, ejector, unmanned aerial vehicle, biological protection of plants, reshaping of trichograms, norm of settlement, width of capture.

УДК 631.937.33

Обоснование дозатора летательных аппаратов для расселения трихограммы

Адамчук В. В., д.т.н., проф., академик НААН, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины
Маранда С. А., аспирант, Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины,
e-mail: sergiy.maranda@ukr.net

Аннотация

Цель. Повышение надежности процесса дозирования трихограммы путем обоснования рационального типа и параметров дозатора.

Методы. Анализ конструкций дозаторов сыпучих материалов, экспериментальные исследования дозаторов.

Результаты. На основе анализа дозаторов сыпучих материалов обоснована конструкция пневмо-гравитационного дозатора трихограммы беспилотного летательного аппарата. В результате экспериментальных исследований установлено, что гравитационные дозаторы при диаметре отверстий диафрагмы 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм не обеспечивают стабильного истечения трихограммы из бункера. Стабильное истечение трихограммы начинается при использовании диафрагм с диаметром отверстия 4,0 мм и более. В то же время стабильное истечение трихограммы в пневмо-гравитационных дозаторах обеспечивалось при использовании диафрагм с диаметром отверстия 2,5 мм и более.

При скорости полета летательного аппарата 7 м/с, рабочей ширине захвата 20 м и норме внесения $4 \text{ см}^3/\text{га}$ секундный расход биоматериала должен быть $0,056 \text{ см}^3/\text{с}$. Для обеспечения заданной нормы внесения биоматериала нужно смешивать с наполнителем, при разных режимах работы его количество может быть в 7 раз больше чем биоматериала. Для соблюдения заданной нормы биоматериала его необходимо смешать с наполнителем в соотношении 1,0 : 2,93 – для пневмо-гравитационных дозаторов с диаметром отверстия диафрагмы 2,5 мм и 1,0 : 12,3 – для гравитационных дозаторов с диаметром отверстия диафрагмы 4 мм. Исходя из этих результатов, несложно прийти к выводу, что применение пневмо-гравитационных дозаторов с диаметром отверстия диафрагмы 2,5 мм (при малых нормах внесения трихограммы)

обеспечивает уменьшение объемов применения наполнителя больше чем в 4 раза по сравнению с применением гравитационных дозаторов.

Выводы

1. Анализ дозаторов сыпучих материалов показал, что наиболее безопасными для биоматериала по механическому повреждению являются дозаторы гравитационного и пневмогравитационного типов.

2. Экспериментальным путем установлено, что процесс дозирования трихограммы минимальными нормами расселения надежно не обеспечивает ни один из названных типов дозаторов. При этом пневмо-гравитационные дозаторы при стабильном протекании процесса дозирования обеспечивают секундную подачу трихограммы в 4,2 раза меньше по сравнению с гравитационными дозаторами.

3. Подтверждена целесообразность применения наполнителя при расселении трихограммы. Количество наполнителя при применении пневмо-гравитационного дозатора по сравнению с гравитационным уменьшается в 4,2 раза, что обеспечивает повышение эффективности использования дозирующе-высевающих систем за счет уменьшения количества дозоправок.

4. Пневмо-гравитационные дозаторы целесообразно применять в устройствах летательных аппаратов для расселения трихограммы. Конструкция дозатора должна обеспечивать возможность регулируемого увеличения диаметра его выпускного отверстия, начиная с диаметра 2,5 мм.

5. Для обеспечения качественного расселения трихограммы летательными аппаратами с пневмо-гравитационными дозаторами компоненты смеси трихограммы и наполнителя должны находиться в рекомендуемом соотношении.

Ключевые слова: дозатор сыпучих материалов, эжектор, беспилотный летательный аппарат, биологическая защита растений, расселение трихограммы, норма расселения, ширина захвата.

Проблема. У технологіях вирощування сільськогосподарських культур широко використовується для боротьби зі шкідниками трихограма. Її розселяють на площі поля з певною щільністю, яка залежить від дози та нерівномірності розселення. Для виконання такої операції потрібні високопродуктивні технічні засоби, які в процесі розселення трихограми не будуть пошкоджувати як трихограму, так і самі рослини сільськогосподарських культур.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Упродовж попередніх десятиліть була розроблена низка технічних засобів для механізованого розселення трихограми. Ці засоби монтувалися на машинно-тракторних агрегатах (МТА) і на літальних апаратах. Однак, як показала практика, розселенню трихограми такими засобами притаманні принципові недоліки. Наприклад, робота МТА характеризується малою продуктивністю. МТА, як наземні технічні засоби, мають обмеження щодо часу їх застосування, зокрема, коли рослини сільськогосподарських культур досягають значної висоти та коли ґрунт після дощу має високу вологість. Літальні апарати не мають названих недоліків. Але вітчизняний досвід застосування літаків АН-2 та вертольотів Ми-2 на операції розселення трихограми показав, що їх використання призводить до різкого зростання експлуатаційних затрат у зв'язку з порівняно високою коштовністю зазначених технічних засобів і великими питомими витратами пального. Окрім того, вони не забезпечують задану норму та рівномірність розселення трихограми. У зв'язку з цим для реалізації процесу біологічного захисту рослин привабливим є використання безпілотних літальних апаратів [1, 2]. Характерною їх особливістю є жорсткі обмеження щодо вантажомісткості, а отже і до конструкції дозуюче-висівної системи для розселення трихограми. Тому актуальним стало створення дозатора трихограми, який мав би порівняно просту форму конструкційного виконання та малу масу.

Необхідно зазначити, що трихограму розселяють як у стадії імаго, так і у стадії лялечки. Оскільки імаго – це доросла стадія розвитку комах, то її розселяють ручним способом попередньо розфасувавши. Слід зазначити, що під час механізованого розселення трихограма знаходиться в стадії лялечки. Виробництво трихограми відбувається зараженням трихограмою яєць зернової молі, в яких вона розвивається. Тому в агропромисловому виробництві на поля сільськогосподарських культур вносять яйця зернової молі, які заражені трихограмою. Через певний проміжок часу з лялечки відроджується трихограма, прогризаючи оболонку яйця вона виходить назовню. Розселення трихограми в стадії лялечки має переваги, оскільки є можливість дозування та запас часу на її розселення.

Розселення трихограми – складний процес, який включає дозування біоматеріалу та його розподіл на поверхні поля. Зазначений процес ускладнюється тим, що розселення трихограми необхідно здійснювати малими нормами, які знаходяться в межах 1–8 г/га. У зв'язку з цим для підвищення рівномірності розселення трихограми використовують наповнювач – манну крупу.

Вивчивши фізико-механічні властивості яєць зернової молі, автори праць [3–9] встановили, що їх довжина знаходиться в межах 0,55–0,65 мм, а ширина – 0,25–0,35 мм, за формою вони подібні до еліпсоїда. Швидкість витання яйця знаходиться в межах 0,5–1,5 м/с. Об'ємна густина залежить від стадії розвитку трихограми та за одну-дві доби до відродження ентомофага становить 0,35–0,55 г/см³. Кількість яєць в 1 г досягає в середньому 80–96 тис. шт., абсолютна маса 1000 шт. яєць – 0,0104 г. Навантаження на стиск не повинно перевищувати 0,1 кПа. У разі удару яйця об перешкоду із швидкістю 20 м/с трихограма не відроджується.

Мета. Підвищення надійності процесу дозування трихограми за допомогою обґрунтування раціонального типу та параметрів дозатора.

Результати. Для обґрунтування конструкції дозатора трихограми було проведено аналіз відомих дозаторів сипких матеріалів [10–14].

У сучасних технічних засобах для внесення сипких технологічних матеріалів на

поверхню ґрунту або в ґрунт зазвичай використовуються дозатори (висівні апарати) безперервної дії, конструкція яких базується на об'ємному способі дозування. Найбільш

широко використовувані в сільськогосподарській техніці дозатори за способом дії на технологічний матеріал можна класифікувати на гравітаційні, механічні, вібраційні, пневматичні та пневмогравітаційні (рис. 1).

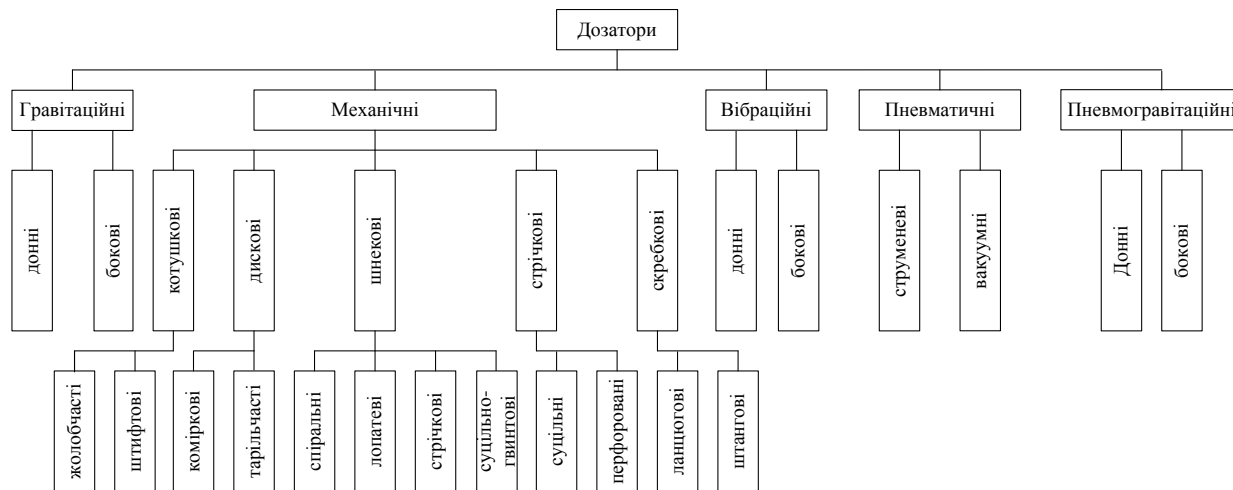


Рис. 1. Класифікація дозаторів сипких матеріалів
 Fig. 1. Classification of bulk material dispensers

Гравітаційні дозатори є простими за конструкцією та мають найбільшу історію застосування в сільськогосподарських машинах [13]. Їх конструкція включає елемент днища або бокової стінки технологічної місткості, в якому виконано випускний отвір, зазначений елемент обладнаний заслінкою з механізмом її регульованого переміщення. Залежно від установки дозаторів у днищі або боковій стінці технологічної місткості їх розділяють на донні та бокові. Більш широке застосування мають донні дозатори, а бокові можуть використовуватися лише для дозування технологічних матеріалів, що мають високу текучість.

До переваг гравітаційних дозаторів окрім їх порівняно простої конструкції необхідно віднести щадящу дію на технологічний матеріал, що є дуже важливим під час дозування трихограми. А до основних недоліків гравітаційних дозаторів відносяться висока нерівномірність дозування, низька надійність роботи під час внесення технологічних матеріалів малими дозами, а також те, що в умовах зміни робочої швидкості технічного засобу секундна витрата технологічних матеріалів залишається незмінною. Тобто фактична норма розподілення (внесення) технологічних матеріалів залежить від

робочої швидкості технічних засобів для їх внесення. Зазначені недоліки суттєво обмежують застосування гравітаційних дозаторів у літальних апаратах для розселення трихограми.

Найбільшого застосування для дозування сипучих технологічних матеріалів у машинах для їх внесення набули механічні дозатори. Їх за конструкційними ознаками можна класифікувати на катушкові, шнекові, стрічкові, дискові та скребкові [14]. Кожен із названих типів механічних дозаторів має широку гаму форм конструкційного виконання залежно від їх призначення. Окрім наведених конструкцій механічні дозатори мають й інші форми конструкційного виконання, але у зв'язку з тим, що вони не нашли широкого практичного застосування, немає необхідності їх детально аналізувати.

Механічні дозатори, порівнюючи з гравітаційними, здійснюють дозування технологічних матеріалів із порівняно вищою рівномірністю, забезпечуючи водночас норму, яка не залежить від робочої швидкості технічного засобу для внесення технологічних матеріалів. Однак, дозатори механічного типу в процесі дозування технологічних матеріалів суттєво руйнують ті їх види, які характеризуються низькою механічною міцністю,

тобто матеріали, до яких відноситься й трихограма. Зазначена обставина виключає використання механічних дозаторів для дозування трихограми.

Вібраційні дозатори забезпечують дозування технологічних матеріалів із вищою рівномірністю, ніж дозатори гравітаційного типу, а їх робота характеризується мінімальним руйнуванням технологічних матеріалів, порівнюючи з механічними дозаторами. Але вібраційні дозатори в процесі роботи перерозподіляють (сепарують) технологічні матеріали за фізико-механічними властивостями. Зазначений недолік виключає застосування вібраційних дозаторів для дозування суміші трихограми та наповнювача. Окрім того, вібраційний спосіб дозування складно реалізувати в безпілотних літальних апаратах.

Високу надійність технологічного процесу та щадящу дію на технологічні матеріали забезпечують дозатори пневматичного типу, в яких процес дозування здійснюється з використанням повітря, тиск якого відрізняється від атмосферного. Залежно від форми конструкційного виконання та пневматичного режиму роботи їх класифікують на струменеві та вакуумні.

Струменеві дозатори здійснюють процес дозування за допомогою видування певного за розмірами шару технологічного матеріалу з місткості [11]. Доза регулюється переміщенням пневматичного сопла щодо випускного вікна дозатора. Особливістю цих дозаторів є порівняно висока подача технологічного матеріалу, що неуможливило їх застосування для дозування трихограми.

Вакуумні дозатори розраховані на поштучну дозовану видачу технологічних матеріалів за допомогою їх присмоктування до отворів рухомих елементів дозатора. Такі дозатори найбільш широко використовуються в сівалках точного висіву сільськогосподарських культур. Їх застосування вимагає попереднього калібрування насіння, а це – неможлива технологічна операція в разі застосування трихограми.

Необхідно зазначити, що названі пневматичні дозатори мають ще один спільний суттєвий недолік – необхідність застосування спеціального джерела стиснутого повітря або вакууму, що є неприйнятним для застосування на безпілотних літальних апаратах.

Більш привабливим для дозування трихограми є застосування пневмогравітаційних дозаторів, у яких поєднується гравітаційний спосіб дозування з пневматичним за допомогою додаткової ежекції технологічного матеріалу, що виходить із випускного отвору бункера. Тобто технологічний матеріал виходить із отвору дозатора під дією як гравітації, так і ежекції, що загалом сприяє вилученню забивання технологічним матеріалом зазначеного отвору. Якщо для ежекції використовувати атмосферне повітря, то збільшення швидкості літального апарата буде приводити до зростання ефекту ежекції, що в кінцевому результаті буде зменшувати вплив зміни робочої швидкості літального апарата на норму розселення трихограми.

Залежно від місця установки пневмогравітаційних дозаторів, тобто в технологічній місткості або в його боковій стінці, їх можна поділити на донні та бокові. Аналізуючи принцип роботи пневмогравітаційних дозаторів, нескладно прийти до висновку, що більш ефективними для нашого випадку будуть донні дозатори.

Аналіз відомих дозаторів сипких матеріалів показав, що існує багато варіантів їх конструкційного виконання, проте всі форми виконання багатьох із них передбачають механічну дію робочих елементів на технологічний матеріал і тому вони не можуть бути прийнятні для дозування яєць зернової молі, заражених трихограмою. До дозаторів, які забезпечують щадящу дію на технологічний матеріал, можна віднести гравітаційні, пневматичні та пневмогравітаційні. Необхідно зазначити, що пневматичні дозатори струменевого типу розраховані на внесення порівняно високих доз технологічних матеріалів, а вакуумні – для точного (однозернового) висіву насіння сільськогосподарських культур. Отже, найбільш прийнятними для застосування на безпілотних літальних апаратах є гравітаційні та пневмогравітаційні дозатори.

У зв'язку з цим для досягнення поставленої мети необхідно провести порівняльні експериментальні дослідження гравітаційних і пневмогравітаційних дозаторів, унаслідок яких отримати дані, за якими можна було б надати перевагу одному з названих типів дозаторів.

Для вивчення надійності протікання процесу дозування біоматеріалу та визначення його витрат було виготовлено експериментальний зразок пристрою для розселення трихограми, який складається з конфузора, дозатора, розтруба-розпилювача та розміщеного над дозатором бункера (технологічної місткості) (рис. 2). Комплектуючі пристрою було розроблено за допомогою програмного забезпечення «Компас» та у форматі STL роздруковано на 3-D принтері з ABS пластику.



Рис. 2. Експериментальний зразок дозуючо-висівної системи

Fig. 2. Experimental sample of dosing-seed system

Для ступеневого регулювання секундної подачі трихограми з бункера був виготовлений змінний комплект діафрагм, отвори яких мали діаметр: 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 4; 4,5; 5,0; 6,0 мм. У процесі досліджень діафрагми по чергові ставили в посадочне місце дозатора, яке знаходиться в нижній частині бункера.

Конструкція експериментального зразка дозатора передбачає, що повітряний струмінь для дозування трихограми формується з атмосферного повітря, яке в процесі польоту літального апарата попадає в конфузур. Для імітування цього процесу в лабораторних умовах використовували вентилятор (рис. 3), випускний патрубок якого був розміщений проти конфузора експериментального зразка

дозуюче-висівної системи, закріпленої на штативі. Швидкість повітряного потоку вентилятора становила 7 м/с, що відповідає раціональній швидкості польоту безпілотного літального апарата.



Рис. 3. Дослідна установка для експериментальної перевірки пневмогравітаційного дозатора

Fig. 3. Experimental setup for experimental verification of a pneumogravitational dispenser

Особливістю досліджень гравітаційного способу дозування трихограми, порівнюючи з пневмо-гравітаційним, було те, що вентилятор не використовувався.

Унаслідок експериментальних досліджень встановлено, що гравітаційні дозатори з діаметром отворів діафрагми 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мм не забезпечують стабільного витікання трихограми з бункера. Стабільне витікання трихограми починається у разі використання діафрагм із діаметром отвору 4,0 мм і більше. У той же час стабільне витікання трихограми в пневмо-гравітаційних дозаторах забезпечувалось у разі використання діафрагм із діаметром отвору 2,5 мм і більше.

Результати досліджень питомих витрат трихограми наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Витрата біоматеріалу за різних способів його дозування
Table 1. The consumption of biomaterials in different ways of its dosage

Показники	Спосіб дозування					
	гравітаційний				пневмо-гравітаційний	
Діаметр отвору діафрагми, мм	4,0	4,5	5,0	6,0	2,5	3,0
Секундна витрата трихограми, см ³ /с	0,92	1,19	1,37	2,16	0,22	0,35

Аналізуючи їх, нескладно прийти до висновку, що за швидкості польоту літального апарата 7 м/с, робочої ширини захвату 20 м та норми внесення 4 см³/га секундна витрата біоматеріалу повинна становити 0,056 см³/с. Із результатів дослідів (табл. 1) видно, що норма розселення трихограми перевищує максимально допустиму в декілька раз.

Для забезпечення заданої норми внесення біоматеріалу потрібно змішувати його з наповнювачем, за різних режимів роботи кількість наповнювача може бути всемеро більшою, ніж біоматеріалу. Мінімальна секундна витрата матеріалу через отвір пневмо-гравітаційного дозатора, порівнюючи з витратою матеріалу гравітаційним дозуванням, менша в 4,2 рази. Тому для дотримання заданої норми біоматеріалу його необхідно змішати з наповнювачем у співвідношенні 1,0 : 2,93 – для пневмо-гравітаційних дозаторів із діаметром отвору діафрагми 2,5 мм і 1,0 : 12,3 – для гравітаційних дозаторів із діаметром отвору діафрагми 4 мм. Виходячи з цих результатів,

нескладно прийти до висновку, що застосування пневмо-гравітаційних дозаторів із діаметром отвору діафрагми 2,5 мм (за малих норм внесення трихограми) забезпечує зменшення обсягів застосування наповнювача вчетверо, порівнюючи із застосуванням гравітаційних дозаторів.

Використовуючи отримані результати, можна визначити необхідну кількість наповнювача в біоматеріалі для досягнення заданої норми розселення трихограми за різних режимів роботи безпілотного літального апарата. Розміри її частинок за значенням близькі до розмірів яєць зернової молі та становлять 0,25–0,75 мм, а густина – 0,8 г/см³.

У таблиці 2 наведено рекомендовані пропорції, в яких необхідно додати наповнювач для досягнення заданої норми розселення за різних режимів роботи безпілотного літального апарата, обладнаного дозуючо-висівною системою з пневмо-гравітаційним дозатором для розселення трихограми.

Таблиця 2. Рекомендована частка наповнювача у біоматеріалі
Table 2. The recommended proportion of filler biomaterial

Норма, г/га	Діаметр отвору шайби дозатора, мм	Швидкість Бп.ЛА, м/с			
		7	10	15	20
2	2,5	2,93	1,75	0,83	0,37
4		0,96	0,37		
8	3,0			0,46	0,094
		0,56	0,094		

Для досягнення заданої норми розселення трихограми необхідно враховувати швидкість руху безпілотного літального апарата, робочу ширину захвату, відповідно до наших рекомендацій вибрати діаметр отвору пневмо-гравітаційного дозатора та кількість наповнювача в біоматеріалі.

Висновки

1. Аналіз дозаторів сипких матеріалів показав, що найбільш безпечними для біоматеріалу є дозатори гравітаційного та пневмо-гравітаційного типів.

2. За допомогою експериментів встановлено, що процес дозування трихограми стосовно мінімальних норм її розселення надійно не забезпечує жоден із названих типів дозаторів. А проте пневмо-гравітаційні дозатори за стабільного протікання процесу дозування забезпечують секундну подачу трихограми в 4,2 рази меншу, порівнюючи з гравітаційними дозаторами.

3. Підтверджена доцільність застосування наповнювача під час розселення трихограми. Кількість наповнювача із застосуванням пневмо-гравітаційного дозатора, порівнюючи з гравітаційним, зменшується в 4,2 рази, що

забезпечує підвищення ефективності використання дозуючо-висівної системи завдяки зменшенню кількості дозправок.

4. Пневмо-гравітаційні дозатори доцільно застосовувати в пристроях літальних апаратів для розселення трихограми. Конструкція дозатора повинна забезпечувати можливість регульованого збільшення діаметра його випускного отвору, починаючи з діаметра 2,5 мм.

5. Для забезпечення якісного розселення трихограми літальними апаратами з пневмо-гравітаційними дозаторами компоненти сумішей трихограми та наповнювача повинні знаходитися в рекомендованому співвідношенні.

Бібліографія

1. Адамчук В. В., Мироненко В. Г., Маранда С. О. Безпілотні літальні апарати у рослинництві. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 8. С. 35–39.
2. Мироненко В. Г., Маранда С. О. Перспективи використання безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві України. *MOTROL Motorization and power industry in agriculture*. Lublin, 2011. Т. 13В. С. 25–35.
3. Абашкин А. С., Кику Б. Б., Гончарук А. И. К совершенствованию средств механизации расселения трихограммы. *Трихограмма в защите растений*. М.: Агропромиздат, 1988. С. 93–103.
4. Аленчикова Т. Ф. Биологическая оценка качества работы расселителя трихограммы. *Актуальные вопросы создания машин для внесения удобрений и защиты растений*. М., 1988. С. 65–68.
5. Инструкция по наземному механизированному расселению трихограммы / Ш. М. Гринберг, Л. П. Зильберг, Б. В. Пынзарь [и др.]. М., 1985.
6. Пушкарёв Б. В. Повышение производительности механизированного расселения трихограммы. *Трихограмма (Биология, разведение. Применение)*. Кишенёв, 1985. С. 54–55.
7. Аленчикова Т. Ф., Краховецкий Н. Н. Изучение качества биоматериала трихограммы при водно-воздушном перемешивании. *Известия ТСХА*. 1985. № 1. С. 143–148.
8. Сохта А. А., Эргашев К. О механизации полевого расселения полезных насекомых. *Механизация хлопководства*. 1981. № 5. С. 14.
9. Бондаренко Н. В. Биологическая защита растений (2-е изд., перераб. и доп.). М.: Агропромиздат, 1986. 278 с.
10. Устройство для расселения насекомых / А. В. Торговецкий, В. З. Рывкин, М. Г. Лейбензон, Ю. П. Трунин. Оpubл. в Б И., 1979. № 43. С. 12–13.

11. Вожик Ю. Г., Адамчук В. В. Изыскание и исследование дозаторов. *Механизация и электрификации сельского хозяйства: республиканский межведомственный научно-технический сб.* / УНИИМЭСХ. К.: Урожай, 1982. Вып. 55. С. 37–41.

12. Пат. на винахід № 100298 С2. Об'ємний дозатор для сипкої речовини / Б. О. Пальчевський, Д. В. Бондарчук. № а2011043354 заявл. 11.04.2011; опубл. 25.10.2012. Бюл. № 20.

13. Пат. на корисну модель № 32666. Живильний пристрій для пневмотранспорту сипких матеріалів / В. М. Гущин, В. Й. Сівко, О. В. Гущин. № u200800347; заявл. 10.01.2008; опубл. 26.05.2008. Бюл. № 10.

14. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я.. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навчальний посібник. Суми: ВТД «Універсальна книга», 2008. 543 с.

Bibliografia

1. Adamchuk V. V., Myronenko V. H., Maranda S. O. Bezpilotni litalni aparaty u roslynnytstvi. *Visnyk ahrarnoyi nauky*. 2015 № 8 S. 35–39.
2. Myronenko V. H., Maranda S. O. Perspektyvy vykorystannya bezpilotnykh lital'nykh aparativ u silskomu hospodarstvi Ukrayiny. *MOTROL Motorization and power industry in agriculture*. Lublin, 2011. Т. 13В. С. 25–35.
3. Abashkyn A. S., Kyku B. B., Honcharuk A. Y. K sovershenstvovanyyu sredstv mekhanyzatsyy rasselenyya trykhohrammy. *Trykhohramma v zashchyte rastenyi*. M.: Ahropromyzdat, 1988. S. 93–103.
4. Alenchykova T. F. Byolohyeheskaya otsenka kachestva raboty rasselytelya trykhohrammy. *Aktualnye voprosy sozdaniya mashyn dlya vneseniya udobreniy y zashchyty rastenyi*. M., 1988. S. 65–68.
5. Ynstruktsyya po nazemnomu mekhanyzyrovanomu rasselenyyu trykhohrammy / Sh. M. Hrynberh, L. P. Zylberh, B. V. Pynzar [y dr.]. M., 1985.
6. Pushkarëv B. V. Povysheniye proyzvodytelnosti mekhanyzyrovannoho rasselenyya trykhohrammy. *Trykhohramma /Byolohyya, razvedeniye. Prymeneniye/*. Kyshenëv, 1985. S. 54–55.
7. Alenchykova T. F. Krakhovetsky N. N. Yzuchenye kachestva byomateryala trykhohrmmy pry vodno-vozdushnom peremeshyvanyy. *Yzvestyya TSKHA*. 1985. № 1. S. 143–148.
8. Sokhta A. A., Érhashev K. O mekhanyzatsyy polevoho rasselenyya poleznykh nasekomykh. *Mekhanizatsyya khlopkovodstva*. 1981. № 5. S. 14.
9. Bondarenko N. V. Byolohyeheskaya zashchyta rastenyi (2-e yzd., pererab. y dop). M.: Ahropromyzdat, 1986. 278 s.
10. Ustroystvo dlya rasselenyya nasekomykh / A. V. Torhovetsky, V. Z. Ryvkyn, M. H. Leybenzon, Yu. P. Trunyn. Opubl. v B. Y. 1979. № 43. S. 12–13.

11. Vozhik Yu. G., Adamchuk V. V. Research and research of batchers. Mechanization and electrification of agriculture: republican interdepartmental scientific and technical collection / UNIIMESH. K.: Urozhay, 1982. Vip. 55. S. 37–41.

12. Patent na vynakhid № 100298 C2. Obyemnyy dozator dlya sypkoyi rechovyny / B. O. Palchevskyy, D. V. Bondarchuk. № a201104335; zayavl. 11.04.2011; opubl. 25.10.2012. Byul. № 20.

13. Patent na korysnu model № 32666. Zhyvylnyy prystriy dlya pnevmotransportu sypkikh materialiv / V. M. Hushchyn, V. Y. Sivko, O. V. Hushchyn. № u200800347; zayavl. 10.01.2008; opubl. 26.05.2008. Byul. № 10.

14. Voytyuk D. H., Yatsun S. S., Dovzhyk M. Ya. Silskohospodarski mashyny: osnovy teorii ta rozrakhunku: navchalnyy posibnyk. Sumy: VTD «Universalna knyha», 2008. 543 s.

Bibliography

1. Adamchuk V. V., Mironenko V. G., Maranda S. O. Unmanned aerial vehicles in plant growing. Bulletin of Agrarian Science. 2015. No. 8. P. 35–39.

2. Mironenko V. G., Maranda S. O. Prospects for the use of unmanned aerial vehicles in Ukrainian agriculture. MOTROL Motorization and power industry in agriculture. Lublin, 2011. T. 13B. P. 25–35.

3. Abashkin A. S., Kik B. B., Goncharuk A. I. On the improvement of means of mechanization of the reshaping of a trichogram. Trichogramma in the protection of plants. Moscow: Agropromizdat, 1988. P. 93–103.

4. Alenchikova T. F. Biological evaluation of the quality of work of a trichogramma researcher. Actual questions of creating machines for fertilizer application and plant protection. Moscow, 1988. P. 65–68.

5. Instruction on ground mechanized resettlement of the trichogramma / Sh. Greenberg, L. P. Zilberg, B. V. Pynzar [et al.]. M., 1985.

6. Pushkarev B. V. Increase the productivity of a mechanized reshaping of a trichogram. Trichogramma /Biology, breeding. Application/. Kyshenyov, 1985. P. 54–55.

7. Alenchikova T. F. Krakovetsky N. N. Investigation of the quality of the trichogramma biomaterial in air-water mixing. Izvestiya TSCA. 1985. No. 1. P. 143–148.

8. Sokhta A. A., Ergashev K. On mechanization of field propagation of useful insects. Mechanization of cotton production. 1981. No. 5 P. 14.

9. Bondarenko N. V. Biological protection of plants (2nd ed., pererab. and add). Moscow: Agropromizdat, 1986. 278 p.

10. An insect resettlement device / A. V. Torgovetsky, V. Z. Ryvkin, M. G. Leibenzon, Yu. P. Trunin. Published by B. I. 1979. No. 43. P. 12–13.

11. Vozhik Yu. G., Adamchuk V. V. Examinations and research of dispensers. Mechanization and electrification of agriculture: Republican interdepartmental scientific and technical collection / UNIIMESH. K.: Harvest, 1982. Issue 55. P. 37–41.

12. Patent for invention No. 100298 C2. Volumetric dispenser for bulk substance / B. O. Palchevskyy, D. V. Bondarchuk. No. a201104335; application. Apr 11, 2011; has published 25.10.2012. Bull. No. 20.

13. Patent for useful model number 32666. Nutrient device for pneumatic transport of bulk materials / V. M. Gushchin, V. Y. Sivko, O. V. Gushchin. No. u200800347; application. 10.01.2008; has published May 26, 2008. Bull. No. 10.

14. Voytyuk D. G., Yatsun S. S., Dovzhyk M. Ya. Agricultural machines: the basics of theory and calculation: textbook. Sumy: VDD "Universal Book", 2008. 543 p.